

明 細 書

ヨーク、電磁式アクチュエータ及びスターリング機関

技術分野

[0001] 本発明は、磁気回路を形成するヨーク、前記ヨークを備えた電磁式アクチュエータ及び前記電磁式アクチュエータを備えたスターリング機関に関する。

背景技術

[0002] 従来、電磁式(リニア)アクチュエータのヨークには渦電流の発生を防止するために薄板を積層した積層ヨークが使用されている。この積層ヨークは、打抜き法等により所定の形状に成型されたヨーク素板をかしめ又は接着等によって所定の枚数を積層させて製造される。その上下面は互いに平行で、側面は上下面と直角に形成されている。

[0003] 積層ヨークにコイルを巻いて電磁力を発生させるモータでは、コイルが可動子の移動方向と直行する断面内で巻かれる。従って、通常の回転モータでは、可動子を構成する各ヨーク素板は回転軸と直行する方向に回転軸方向に沿って積層され、可動子を直線運動させるリニアモータでは、可動子の運動方向と直行する方向に積層される。

[0004] 固定子又は可動子が円筒状で、この円筒の軸方向に可動子を直線運動させる円筒状のリニアアクチュエータでは、固定子又は可動子の円周方向に沿ってヨーク素板を積層する必要がある。

[0005] そこで、特開2000-337725号公報には、一対のコの字状のヨーク素板を複数枚積層したものを外側積層コアとし、また、短辺を切り欠いた略平鼓形状のヨーク素板を積層して構成したものを内側積層コアとし、それぞれ等中心角度45°で配置して、外側ヨーク、内側ヨークとしたものが開示されている。それぞれの外側コアと内側コアは対向している。

[0006] しかしながら、特開2000-337725号公報に開示されたヨークでは、ヨークでの渦電流の発生を防止できるが、外側ヨーク、内側ヨーク全体では、磁気特性が場所によって不均一であり、ヨークとしての効率が低下する。

- [0007] また、特開2002-369462号公報には、矩形状の鉄心素板(薄板)を積層して、その内周側側面を凹状に、外周側側面を凸状に湾曲させ、中心角度45°の扇形の積層鉄心を形成する。その積層鉄心を円柱状ベース部材の外周面に取り付けることで内側ヨークとし、円柱状ベース部材上の円周方向に鉄心素板が積層されるものを開示している。また外側ヨークも可動子の外側に内側ヨークと同軸上に鉄心素板を配置しているものを開示している。
- [0008] 特開2002-369462号公報に記載の内側ヨークにおいては、ヨークでの渦電流の発生を防止することができ、内側ヨーク、外側ヨークともに場所による磁気特性の大きな変化がなく均一に近い磁気特性を有している。
- [0009] しかしながら、特開2002-369462号公報に記載のヨークのように、均一な厚みの薄板を中心軸に対して放射状に積層することは非常に困難である。また、製造されたヨークも寸法精度のばらつきが大きく、製造後、仕上げのための修正が必要である。
- [0010] また、薄板を中心軸に対して放射状に積層するのが難しく、しかも製造後の修正を必要とすることより製造に時間がかかるとともに、製造コストが増加する。また、構造が複雑であるため、耐久性及び耐衝撃性が低いという問題がある。
- [0011] それに対して、WO00/62406号公報には、電磁式リニアアクチュエータの内側ヨーク又は外側ヨークに金属磁性粒子と電気絶縁性樹脂との混合物を圧縮成形することによって製造される圧縮成形体を用いるものが開示されている。このような構成とすれば、構造を簡単化できるとともに耐久性及び耐衝撃性も高いものを製造することが可能である。
- [0012] また、特許文献3には、金属磁性粒子と電気絶縁性樹脂との混合物を圧縮成形しているため、電気絶縁性樹脂によって隣接する金属磁性粒子が電氣的に絶縁され、それによって、渦電流損の発生を防止する旨が記載されている(特許文献3実施例6)。

特許文献1:特開2000-337725号公報

特許文献2:特開2002-369462号公報

特許文献3:WO00/62406号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0013] 一方、電磁式(リニア)アクチュエータは高い動作効率で駆動することが望まれる。特にスターリング機関の駆動源として電磁式リニアアクチュエータを使用し、これを冷凍機として動作させる場合には、特に動作効率が重要となる。
- [0014] しかしながら、高い動作効率で運転するためには、特許文献3に記載されたように、金属磁性粒子と電気絶縁性樹脂との混合物を圧縮成形した程度では不十分である。すなわち、この程度では、渦電流損の発生が十分に抑制できず、高い動作効率を得ることが難しい。
- [0015] そこで本発明は、より高効率で駆動する電磁式(リニア)アクチュエータを提供することを目的とする。また、それをスターリング機関に使用することにより、より高効率、即ち成績効率の良いスターリング機関を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

- [0016] 上記目的を達成するために本発明は、軟磁性鉄粉を焼結して形成された、電磁式アクチュエータに使用されるヨークであって、渦電流損の発生を防止する欠切部を備えたことを特徴とするヨークを提供する。
- [0017] ここでいうヨークとは、リニアアクチュエータに使用するインナーヨーク、アウターヨークに限らず、広くアクチュエータ一般に使用されるヨーク全体を意味するものであり、軟磁性鉄粉を焼結成型、圧縮成型などの成型で形成されたものである。前記欠切部とは切欠き及び溝のほか分割の間隙をも含み、前記ヨークは、周方向に分割して作製し筒状に組み合わせて形成するものを含む。このヨークによれば、良好に渦電流損の発生を防止し使用されたアクチュエータの動作効率を高効率とすることができる。
- [0018] 上記構成において欠切部として、一方の端面から他方の端面に向かって軸方向に延設された1又は複数の切欠きを有するものを挙げることができる。
- [0019] この構成によると、良好に渦電流損の発生を防止し高効率の電磁式(リニア)アクチュエータとすることが可能である。
- [0020] さらに、一方の端面から他方の端面に向かって軸方向に延設された1又は複数の切欠きを有するものに、前記他方の端面から前記一方の端面に向かって軸方向に

延設された1又は複数の切欠きを加えたものを挙げることができる。

- [0021] この構成によると、より良好に渦電流損の発生を防止し高効率の電磁式(リニア)アクチュエータとすることが可能である。
- [0022] 上記構成において欠切部として、前記ヨークの外側面及び(又は)内側面に軸方向に延設された1又は複数の溝(軸心に直行する方向に深さを有する溝)を有しているものを挙げることができる。
- [0023] また、本発明のヨークとして、周方向に複数のブロックに分割されており、隣り合うブロック同士は絶縁材料が挟まれた状態で接続されており、前記絶縁材料が挟まれた接続部を前記欠切部とするものを挙げるすることができる。
- [0024] この構成によると、径の大きなヨークにおいて、周方向に分割すれば各分割部は小さなパーツとして作製できるので、場所によって磁化特性の大きな変化が生じにくく、それだけ均一に近い磁気特性を有するヨークを提供することができる。
- [0025] 上記構成のヨークが軸方向に複数分割されたもの挙げることができる。
- [0026] この構成によると、ヨークが軸方向に長くなった場合に、軸方向に分割することで各分割部は小さなパーツとして作製できるので、場所によって磁化特性の大きな変化が生じにくく、それだけ均一に近い磁気特性を有するヨークを提供することができる。
- [0027] 上記目的を達成するため本発明はアウターヨークと、前記アウターヨークの内側に対向して配置される軟磁性鉄粉を成型して形成されたインナーヨークと、前記アウターヨークに設けたコイル部と、前記アウターヨークとインナーヨークとの間に配置され前記コイル部が発生する磁束に従い往復動する永久磁石と、前記永久磁石を支持する可動子とを備えた電磁式リニアアクチュエータにおいて、上述したヨークを、前記アウターヨーク及び(又は)インナーヨークに採用していることを特徴とする電磁式アクチュエータを提供する。
- [0028] この構成によると、良好に渦電流損の発生を防止し高効率の電磁式(リニア)アクチュエータとすることが可能である。
- [0029] 以上に記載した電磁式リニアアクチュエータは、スターリング機関に好適に使用することが可能である。これにより、成績係数の高いスターリング機関を提供しうる。

発明の効果

[0030] 本発明によると、良好に渦電流損の発生を防止するヨーク、或いは高効率で駆動できる電磁式(リニア)アクチュエータ、或いは成績係数の良いスターリング機関を提供することが可能である。

図面の簡単な説明

[0031] [図1A]本発明に係るインナーヨークを使用したリニアアクチュエータの垂直断面図である。

[図1B]図1Aに示すリニアアクチュエータの水平断面図である。

[図2A]本発明の実施例1に係るインナーヨークの斜視図である。

[図2B]図2Aに示すインナーヨークの平面図である。

[図3]本発明の実施例2に係るインナーヨークの斜視図である。

[図4]本発明にかかるインナーヨークをリニアアクチュエータに採用したときの欠切部の数と効率の関係を示すグラフである。

[図5A]本発明に係るインナーヨークの他の例の斜視図である。

[図5B]図5Aに示すインナーヨークの平面図である。

[図6A]本発明に係るインナーヨークのさらに他の例の斜視図である。

[図6B]図6Aに示すインナーヨークの平面図である。

[図7]本発明に係るインナーヨークのさらに他の例の斜視図である。

[図8]図7に示すインナーヨークをシリンダに取り付けた状態の側断面図である。

[図9]図2Aに示すインナーヨークを軸方向に連結した状態の斜視図である。

[図10]本発明のスターリング機関の断面図である。

符号の説明

[0032] A リニアアクチュエータ

1 インナーヨーク

2 シリンダ

22 ピストン

3 可動子

3a 永久磁石

4 アウターヨーク

5 コイル

11c〜18c 欠切部

11d〜16d 欠切部

11e〜16e 欠切部

11f〜18f 欠切部

発明を実施するための最良の形態

[0033] 以下に本発明の実施の形態1を図面を参照して説明する。図1Aは本発明のリニアアクチュエータの一例の断面図である。図1Bに図1Aに示すリニアアクチュエータの平面図を示す。

[0034] 図1A、図1Bに示すリニアアクチュエータAは、円筒形状を有するインナーヨーク1と、円筒状インナーヨーク1の円筒部10の内周面100に挿入されるシリンダ2と、インナーヨーク1の外側にインナーヨーク1とは非接触に配置される可動子3と、可動子3のさらに外側に、インナーヨーク1及び可動子3と非接触に配置されるアウターヨーク4と、アウターヨーク4の内周面の溝部41に配置されるコイル5とを有している。インナーヨーク1、シリンダ2、可動子3、アウターヨーク4及びコイル5はシリンダ2の中心軸Sを軸心として配置されている。

[0035] インナーヨーク1はシリンダ2に固定されており、その固定方法は、インナーヨーク1とシリンダ2の接触部分に接着剤、粘着テープ等の接着手段にて接着固定するものを例示できる。ここでは、接着剤によって固定するものを採用している。

[0036] インナーヨーク1は円周方向に不連続な部分である欠切部11〜16を等中心角度間隔($\alpha = 60^\circ$)で6個有している。インナーヨーク1の欠切部11〜16は電気を流さない状態(絶縁状態)又は電気抵抗が非常に高い状態(略電気を通さない状態)になるように形成されている。

シリンダ2の内側21には、可動子3に連結され、リニアアクチュエータAにて往復運動させられるピストン22が備えられている。ピストン22は、シリンダ2の内側面210とはガス膜または油膜を介して摺動するように配置されている。

[0037] 可動子3は有底(底壁に穴あり)の円筒形状を有しており、開いた端部側31には、永久磁石3aが取り付けられている。また、閉じた端部側32の中心部321の内側に、

可動子3とピストン22を連結する連結部材33が備えられている。連結部材33は軸Sを中心軸とする円柱形状を有している。

[0038] 図1Bをみればわかるようにインナーヨーク1の隣り合う欠切部11〜16で区切られる部分111〜116、独立した永久磁石3a及びアウターヨーク4はシリンダ2の半径方向に対向関係に配置されている。

[0039] 永久磁石3aは6個の独立した永久磁石3aであり、独立した永久磁石3aはインナーヨーク1の外側にインナーヨーク1に接触しないように、且つ、インナーヨーク1の隣り合う欠切部11〜16で区切られた部分111〜116と1対1で対向するように(隣り合う永久磁石同士間隙をあけて)配置される。すなわち、独立した永久磁石3aは等中心角度間隔で配置される。

[0040] アウターヨーク4も、永久磁石3aと同様6個の独立したアウターヨークを有しており、それぞれ独立したアウターヨーク4は永久磁石3aの外側に永久磁石3aに接触しないように、且つ、円周上に等中心角度間隔で配置された永久磁石3aと対向するように配置される。

[0041] コイル5は図示を省略した電源に接続されており、電源より一定の振幅かつ一定周期で向きが変わる電流が流される。コイル5に電流が流されることでコイル回りに磁界が発生する。

[0042] リニアアクチュエータAは、コイル5に電流を流すことで磁界を発生させ、インナーヨーク1とアウターヨーク4の間に発生する磁界の磁束密度と永久磁石3aの磁束密度を重ね合わせることで、磁束密度に粗及び密になる部分を生じさせて、そのときに働く力を利用して動作させるものである。リニアアクチュエータAの場合、インナーヨーク1、アウターヨーク4及びコイル5は固定であるので、永久磁石3a及び永久磁石3aが取り付けられている可動子3が作動する。さらには可動子3に固定された連結部材33を介してピストン22が作動する。

[0043] また、コイル5の電流の向きを所定の周期で切り替えることで、可動子3、永久磁石3a及び可動子3に連結部材33を介して連結されたピストン22は電流の周期から決定される周期で往復運動する。

[0044] 図2Aに本発明に係るインナーヨークの一例の上面斜視図を示す。図2Bに図2Aに

示すインナーヨークの平面図を示す。

[0045] 図2A、図2Bに示すインナーヨーク1dは、円筒形状を基礎としており、欠切部としてその軸方向の一端面から他端面に向かって延設された切り欠きが、円周方向に等中心角度(α)間隔で6箇所($\alpha = 60^\circ$)設けられたものである。このインナーヨーク1dは軟磁性鉄粉と樹脂とを焼結成型によって焼き固めたものであり、軟磁性鉄粉としては、鉄、鉄・シリコン、鉄・ニッケル、鉄・コバルト合金、鉄・アルミ等を用いることが可能であり、また、樹脂材料としては、エポキシ樹脂、ナイロン樹脂、ポリアミド樹脂、ポリエステル樹脂等を用いることが可能である。

[0046] インナーヨーク1dは、図面内上面側に切り欠き11d〜16dを有している。切り欠き11d〜16dは互いに同じ長さであり、インナーヨーク1dの軸方向長さの半分よりも長く形成されている。切り欠き11d〜16dを設けたことで、渦電流が発生しにくい。このことにより、渦電流による影響を受けにくく、より、効率の高いインナーヨークを作製することが可能である。本実施例においては切り欠きを円周方向に等中心角度間隔で6箇所に設けたものを例示しているが、それに限定されるものではなく、インナーヨークとして高い効率を保てるもの(実験によれば図4に示すごとく8箇所)を広く採用することができる。

[0047] 本実施例において切り欠きの長さはインナーヨーク1dの軸方向長さの半分の長さよりも長いものを例示しているが、それに限定されるものではなく、インナーヨークとして高い効率を保てるものを広く採用することができる。他端側は周状に連結された形状をしているので、インナーヨークを周方向に等角度間隔で複数ブロックに分割して形成し、それを後ほど接合するものと比較すると、焼結する際の成型過程で切り欠きを設けることが可能であるため、製造が容易であり、かつ高精度である。

[0048] 図3にインナーヨークのさらに他の例の上面側斜視図を示す。

[0049] 図3に示すインナーヨーク1eは、図2A、図2Bに示すインナーヨーク1dにおいて隣り合う欠切部として切り欠きが、互いに両端面に交互に設けられているものである。

[0050] つまり、図3のインナーヨーク1eにおいて、第1切り欠き11eは図面内上側端面1Ueに設けられており、第1切り欠き11eの隣の切り欠き第2切り欠き12e及び第6切り欠き16eは図面内下側端面1Leに設けられている。すなわち、インナーヨーク1eは、第1

切り欠き11e、第3切り欠き13e、第5切り欠き15eは上側端面1Ueに、第2切り欠き12e、第4切り欠き14e、第6切り欠き16eは下側端面1Leに設けられている。

[0051] このことにより、インナーヨーク1dは図面内下側端部に閉じた円形断面を有する部分を備えており、渦電流が発生する可能性があるが、本実施例のインナーヨーク1eにおいては、閉じた円形断面を有する部分を備えていないので渦電流がより発生しにくい。また、このように形成しても、焼結する際の成型過程で切り欠きを設けることが可能であるため、製造が容易であり、かつ高精度である。

[0052] 図4にインナーヨークの欠切部の数とモータ効率の関係のグラフを示す。

[0053] 図4に示すグラフの横軸はインナーヨークの欠切部の個数、縦軸はモータ効率である。図4に示すグラフを見ると欠切部が増加すると共にモータ効率は上昇していき、欠切部が8を越えたあたりでピークとなり、その後は徐々に効率が低下していく。このことは、欠切部は8個のときに最もモータの効率が高くなることを示している。

[0054] 図5Aに本発明にかかるインナーヨークの他の例の斜視図示す。図5Bに図5Aに示すインナーヨークの平面図を示す。図5A、図5Bに示すようにインナーヨーク1fは円筒形の外周面101fに欠切部として溝部11f〜18fを備えていてもよい。溝部11f〜18fの深さは強度的に許される範囲でインナーヨーク1cの厚みに近い深さのものが好ましく等中心角度($\beta = 45^\circ$)に8個備えられている。溝部11f〜18fは円筒形の軸方向の全長にわたって形成されており、溝部11f〜18fが形成されていることによって、渦電流の発生を抑制している。

[0055] また、インナーヨーク1fでは溝部11f〜18fがインナーヨーク1fの軸方向の全長にわたって形成されているものを例示しているが、それに限定されるものではなく両側の平面側から所定の長さだけ延びるものや、両端部まで達していないもの等、インナーヨ

ーク内に渦電流が発生するのを抑制する効果のある形状を広く採用することが可能である。また、内周面にも設けると渦電流の抑制効果が向上する。

[0056] さらに、インナーヨーク1fの溝部11f〜18fはインナーヨーク1fの軸と垂直な方向の断面形状が略矩形であるがそれに限定されるものではなく、インナーヨーク内に渦電流が発生するのを抑制する効果のある形状を広く採用することが可能である。

- [0057] 図6Aにインナーヨークのさらに他の例の斜視図を、図6Bに図6Aに示すインナーヨークの平面図を示す。
- [0058] 図6A、図6Bに示すインナーヨーク1cは、円周方向に等中心角度間隔で8分割されている。インナーヨーク1cの各分割部11c〜18cは、それぞれ同じ鉄粉と樹脂の配合比率で焼結成型されたものである。各分割部11c〜18cをそれぞれ焼結成型したものを組み合わせることで、インナーヨーク1cの場所による特性の大きな変化がなくなり、より均一な磁気特性を有するインナーヨークとすることができる。
- [0059] 本実施例では、図4に示すグラフに基づいて最もモータの効率の高い分割数として8を採用しているがそれに限定されるものではなく、均一な磁気特性を有して作製できる分割数を広く採用することができる。また、必ずしも等分割でなくてもよい。各分割部の間に不導体又は電気抵抗の高い物質を挟むことでより高度に渦電流損を防ぐことができる。
- [0060] 図7に本発明にかかるインナーヨークのさらに他の例の斜視図を示す。
- [0061] 図7に示すインナーヨーク1bは、リニアアクチュエータの往復動のストロークが長く、インナーヨーク1bが軸方向に長くなったものを示している。インナーヨーク1bは、軟磁性鉄粉と樹脂を混合したものを焼結成型して作製する。このとき、インナーヨーク1bは大型であるので、鉄粉と樹脂が均一に混ざり合わずに場所によって磁気特性が偏ることがありえる。そこで、インナーヨーク1bを軸S1方向に第1部材11bと第2部材12bとに2分割して、それぞれ同じ鉄粉と樹脂の配合比率にて焼結成型したものを組み合わせる。これによって、インナーヨーク1bの場所による特性の大きな変化が略なくなり、より均一な磁気特性を有するインナーヨークを作製することが可能である。
- [0062] 第1部材11b及び第2部材12bは、図面内上部端面111b、121bに係合凸部113b、123b、下部端面112b、122bに係合凹部114b、124bをそれぞれ有している。第2部材12bの係合凸部123bを第1部材11bの係合凹部114bに挿入し係合することで、第1部材11bの中心軸S1bと第2部材12bの中心軸S2bが一致するとともに周方向の位置が一致するように連結することができる。すなわち、第1部材11bと第2部材12bを連結することで、第1部材11bと第2部材12bの軸方向長さを加えた円筒形のインナーヨーク1bを形成することができる。

- [0063] 図8に図7に示すインナーヨークをシリンダに取り付けた状態の側断面図を示す。
- [0064] インナーヨーク1bはシリンダ2bに固定リング21b、押えリング22b及び押えねじ23bによって固定されている。
- [0065] シリンダ2bは下部にインナーヨーク1bを挿通したときに第2部材12bの下部端面12bと面接触するつば部24bが形成されている。またシリンダ2bには、第1部材11bの上部端面111bの高さよりわずかに上の部分に全周にわたって形成される溝25bを有している。
- [0066] インナーヨーク1bをシリンダ2bに挿通し、インナーヨーク1bの第2部材12bの下部端面122bがつば部24bに接触した状態で、インナーヨーク1bの第1部材11bの上部端面111bを覆うように押えリング22bが配置される。押えリング22bには、等中心角度間隔に雌ねじ孔221bが備えられており、雌ねじ孔221bに押えねじ23bが螺合されている。
- [0067] また、押えリング22bを配置した後に、シリンダ2bの溝25bに固定リング(例えばCリング)21bを挟着固定する。このとき押えリング22bは固定リング21bによってシリンダ2bより抜けなくなっている。ここで、押えねじ23bを回動させると、押えねじ23bはインナーヨーク1bの上部端面111bを押えるように作用すると共に、押えリング22bを上部に持ち上げるように作用する。このとき、押えねじ23bの先端231bでインナーヨーク1bの上部端面111b上に支えられた状態で押えリング22bが上昇し、固定リング21bと接触する。
- [0068] さらにそれ以上押えねじ23bを回動していくと、押えリング22bが固定リング21bを持ち上げ、固定リング21bの上面が溝25bの上側面を押圧することにより、押えリング22bに螺合されている押えねじ23bを介してインナーヨーク1bの上部端面111bを押さえつける。これによってインナーヨーク1bを固定することが可能である。ここで、押えリング22bはある程度弾性変形するものが望ましく、それには限定されないが樹脂製のものを採用している。
- [0069] 図9に図2Aに示すインナーヨークを軸方向に連結したものの斜視図を示す。
- [0070] また例えば、図9に示すように欠切部として切り欠きを有するインナーヨーク1dを軸方向に重ねて連結する場合、第1部材1da欠切部11daー16daと第2部材1db欠切

部11dbー16dbとが軸方向に一直線に並ぶように配置される。また、図5に示すような外周面に設けられた溝を欠切部とするインナーヨーク1fや周方向に分割されるインナーヨーク1cにおいても同様である。

[0071] 本実施例では軸方向に2つ連結したものを例示しているがそれに限られるものではなく、所望の長さに応じて連結数を任意に設定できる。また、本実施例では係合凸部及び係合凹部が円周上に4つ配置されたものを示しているが、それに限定されるものではない。

[0072] 本実施例では第1部材11bの下部端面112bの係合凹部114bと第2部材12bの上部端面121bの係合凸部124bとを係合することで第1部材11b及び第2部材12bを連結するものを例示しているが、それに限定されるものではなく、接着剤による接着、溶接等の接合方法を広く採用することができる。

[0073] 次に、本発明の実施の形態2として、スターリング機関に上記実施の形態1に記載したリニアアクチュエータを使用した場合について説明する。図10はスターリング機関を冷凍機として使用する装置(以下、スターリング冷凍機と称する。)の一例を示す断面図である。このスターリング冷凍機は、耐圧容器内に配置された諸構成により、スターリングサイクルを動作させコールドヘッド73を冷却するものである。各構成について説明すると、耐圧容器は、主に、背面空間8側に配置されるベッセル74Bと、作動空間7側に配置される外筒73Cとから形成される。ベッセル74Bは、さらに2つの構造体に分割されており、コールドヘッド73側がベッセル本体74Dであり、コールドヘッド73側とは相対する側(以下、本明細書においては防振装置82側と称する。)がベッセルキャップ74Cである。

[0074] 耐圧容器内には、連通穴72Aを備えて接合されたシリンダ2及びシリンダ2Bが配置

される。シリンダ2, 2Bには、シリンダ2及び2Bの軸と同軸上で往復動可能なピストン22及びディスプレイサ90が挿入されており、更には、ピストン22を駆動するリニアアクチュエータAがシリンダ2の外側に備えられている。耐圧容器内は大別して2つの空間に仕切られており、その一つは主にベッセル74Bとピストン22により囲まれる背面空間8であり、他の一つは主にピストン22、外筒73C、及びコールドヘッド73によって

囲まれる作動空間7である。そして、作動空間7はディスプレイサ90によってさらに2つの空間に仕切られており、ディスプレイサ90とピストン22の間に存在する空間が圧縮空間9、ディスプレイサ90とコールドヘッド73の間に存在する空間が膨張空間70である。

[0075] この圧縮空間9と膨張空間70はシリンダ2Bと外筒73Cとの間に形成された連通路72を介して連通しており、連通路72内には、高温側内部熱交換器95、再生器71、低温側内部熱交換器96が圧縮空間9から膨張空間70に向かって順に配置されている。コールドヘッド73は、銅やアルミニウムなどの高熱伝導性材料を略有底円筒状に形成されたものであり、底部73Aがシリンダ2Bの開口と対向し、円筒部73Bが低温側内部熱交換器96と対向するよう配置される。また、ウォームヘッド98は、銅やアルミニウムなどの高熱伝導性材料をリング状に形成したものであり、その内周が高温側内部熱交換器95の外周と対向して配置される。

[0076] ピストン22は、円柱状の構造体であり、その中心軸S(図1A参照)にロッド2aを挿通可能な貫通穴22aが加工され、さらには、圧縮空間9によって圧縮された冷媒をピストン22の外周面とシリンダ2の間の隙間に放出しベアリング効果を持たせるガスベアリング(不図示)が備えられる。ディスプレイサ90は、円柱状の構造体であり、圧縮空間9によって圧縮された冷媒をディスプレイサ90の外周面とシリンダ2Bの間の隙間に放出しベアリング効果を持たせるガスベアリング(不図示)が備えられる。そして、このディスプレイサ90のピストン22配置側の面にはロッド2aが取り付けられ、ロッド2aはピストン22の貫通穴22aに挿通される。ロッド2aのディスプレイサ90側とは相対する側の端部には、ネジ部2bが加工されている。

[0077] リニアアクチュエータAは、上述した実施の形態1に記載したものであり、ここでは連結部材33はピストン22に一体化されている。アウターヨーク4の防振装置82側の端面には、その端面から防振装置82側に向かって、ピストン支持バネ97、及びディスプレイサ支持バネ88を固定するための固定軸24が複数本(例えば4本)立設される。ピストン支持バネ97は、ピストン22を弾性的に支持するものであり、固定軸24に固定され、穴あきボルト28により可動子3に接続されている。ディスプレイサ支持バネ88は、ピストン22を弾性的に支持するものであり、固定軸24に固定され、ねじ部2bに

締結されたナット92を介してロッド2aと接続されている。

[0078] また、耐圧容器の軸方向のコールドヘッド73と反対側の端部には、スターリング冷凍機の防振用の防振装置82が配置される。防振装置82は、ピストンの振動周波数に近い周波数に固有振動数が設定された質量体とバネ体からなり、振動エネルギーを熱エネルギーに変換し、結果的にスターリング冷凍機全体の振動を低減することができる。

[0079] 以上のような構成のスターリング冷凍機は、その圧力容器内に冷媒が封入される。この冷媒としては水素、ヘリウム、窒素などが使用され数十気圧の高圧に封入される。そして、リニアアクチュエータAに交番電圧を加えると、リニアアクチュエータAは往復動し、それに伴ってピストン22も往復動する。そして、ディスプレイサ90は、ピストン22の動作に対して4分の1周期程度位相が遅れた状態で往復動し、作動空間7内でスターリングサイクルを形成する。その結果、高温側内部熱交換器95は高温に加熱され、低温側内部熱交換器96は低温に冷却される。そして、高温側内部熱交換器95の熱はウォームヘッド98に伝達されて外部に放出され、低温側内部熱交換器96にはコールドヘッド73を介して外部から熱が供給されるようになる。つまり、コールドヘッド73は外部から見れば非常に低温な状態となり、この低温を利用することによりさまざまな対象物を冷却することが可能となる。

[0080] このような、スターリング冷凍機においては、モータの動作効率が成績係数(いわゆるCOP)に大きな影響を与えるが、実施の形態1に記載したリニアアクチュエータを使用することにより、良好な成績係数のスターリング冷凍機を得ることができる。

上記実施例においてヨークの成型方法として、焼結成型を採用しているが、それに限定されるものではなく、圧縮成型等の軟磁性鉄粉を成型にて作製することができる。

[0081] また上記実施例においてヨークとしてインナーヨークを例示して説明したが、それに限定されるものではなく、アウターヨークにも採用することができる。

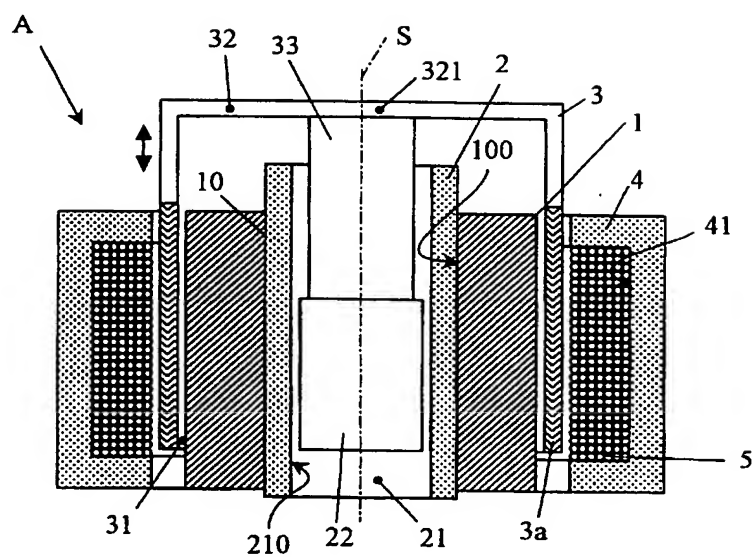
請求の範囲

- [1] 軟磁性鉄粉を成型して形成された、電磁式アクチュエータに使用されるヨークであって、渦電流損の発生を防止する欠切部を備えたことを特徴とするヨーク。
- [2] 前記欠切部は一方の端面から他方の端面に向かって軸方向に延設された1又は複数の切欠きを有することを特徴とする請求項1に記載のヨーク。
- [3] 前記欠切部は前記他方の端面から前記一方の端面に向かって軸方向に延設された1又は複数の切欠きを有することを特徴とする請求項2に記載のヨーク。
- [4] 前記欠切部は前記ヨークの外側面及び(又は)内側面に軸方向に延設された1又は複数の溝を有していること特徴とする請求項1に記載のヨーク。
- [5] 前記ヨークは、周方向に複数のブロックに分割されており、隣り合うブロック同士は絶縁材料が挟まれた状態で接続されており、
前記絶縁材料が挟まれた接続部を前記欠切部とすることを特徴とする請求項1に記載のヨーク。
- [6] 前記ヨークは、軸方向に複数分割されたものであることを特徴とする請求項1から請求項5のいずれかに記載のヨーク。
- [7] アウターヨークと、前記アウターヨークの内側に対向して配置される軟磁性鉄粉を成型して形成されたインナーヨークと、前記アウターヨークに設けたコイル部と、前記アウターヨークとインナーヨークとの間に配置され前記コイル部が発生する磁束に従い往復動する永久磁石と、前記永久磁石を支持する可動子とを備えた電磁式リニアアクチュエータにおいて、
請求項1から請求項5の何れか一項に記載されたヨークを、前記アウターヨーク及び(又は)インナーヨークに採用していることを特徴とする電磁式アクチュエータ。
- [8] アウターヨークと、前記アウターヨークの内側に対向して配置される軟磁性鉄粉を成型して形成されたインナーヨークと、前記アウターヨークに設けたコイル部と、前記アウターヨークとインナーヨークとの間に配置され前記コイル部が発生する磁束に従い往復動する永久磁石と、前記永久磁石を支持する可動子とを備えた電磁式リニアアクチュエータにおいて、
請求項6に記載されたヨークを、前記アウターヨーク及び(又は)インナーヨークに採

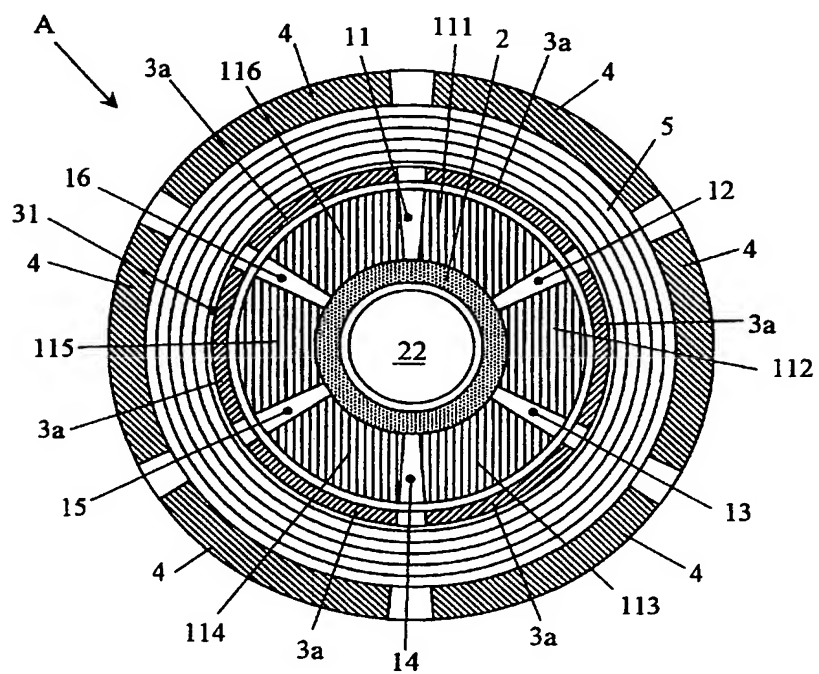
用していることを特徴とする電磁式アクチュエータ。

- [9] 請求項7に記載された電磁式リニアアクチュエータと、前記可動子に接続されたピストンと、前記ピストンを収容するシリンダと、前記ピストンと位相差を有して往復動するディスプレイサとを備えたスターリング機関。
- [10] 請求項8に記載された電磁式リニアアクチュエータと、前記可動子に接続されたピストンと、前記ピストンを収容するシリンダと、前記ピストンと位相差を有して往復動するディスプレイサとを備えたスターリング機関。

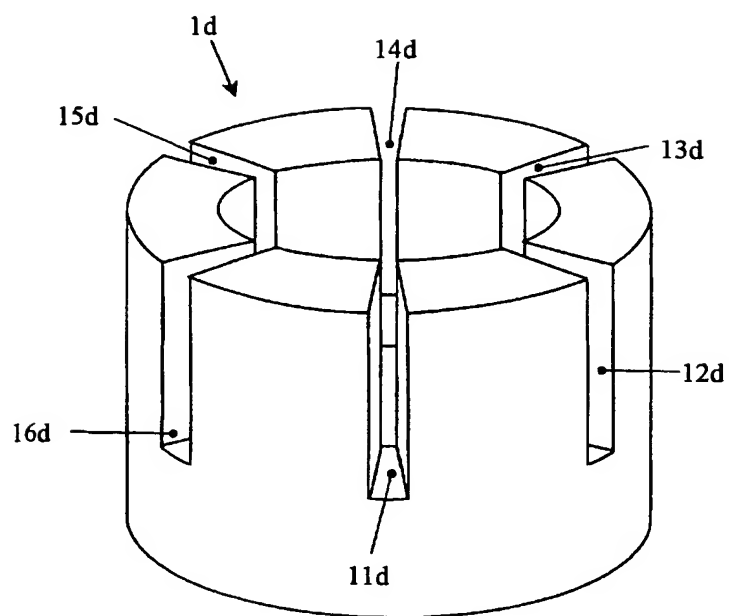
[図1A]



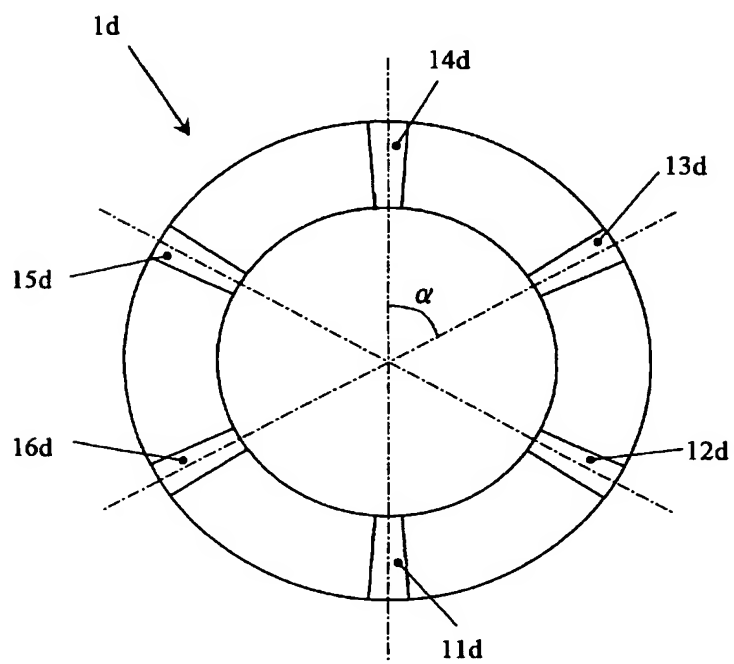
[図1B]



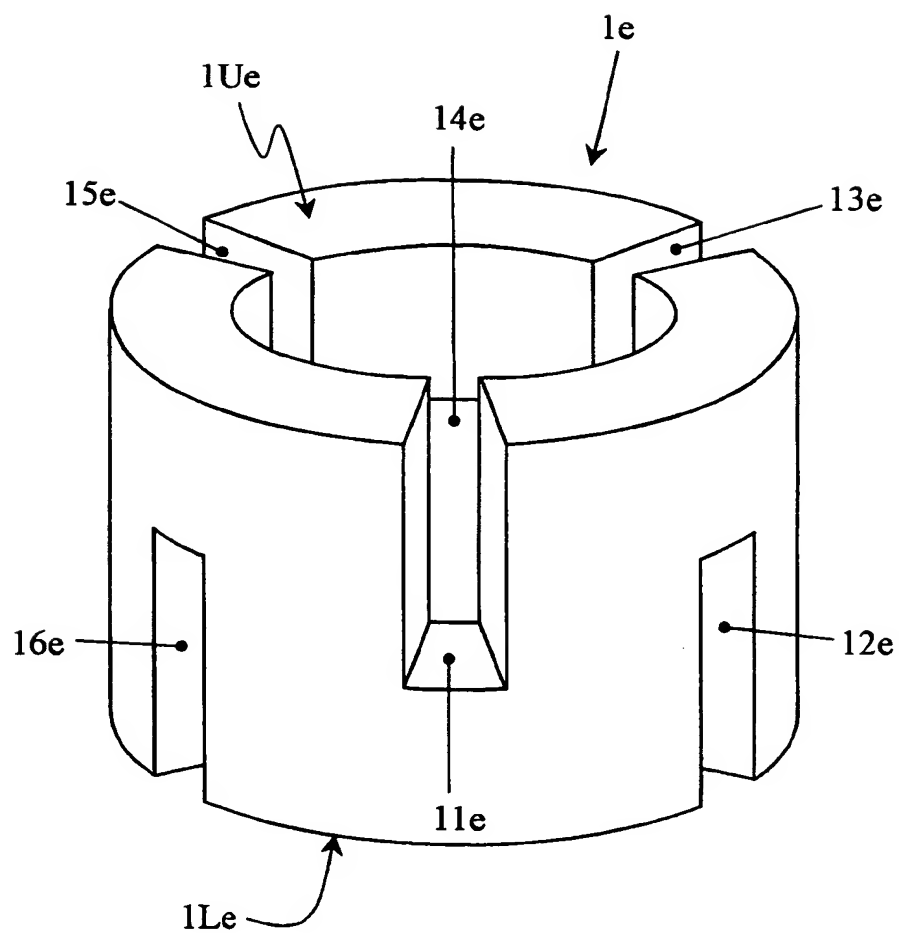
[図2A]



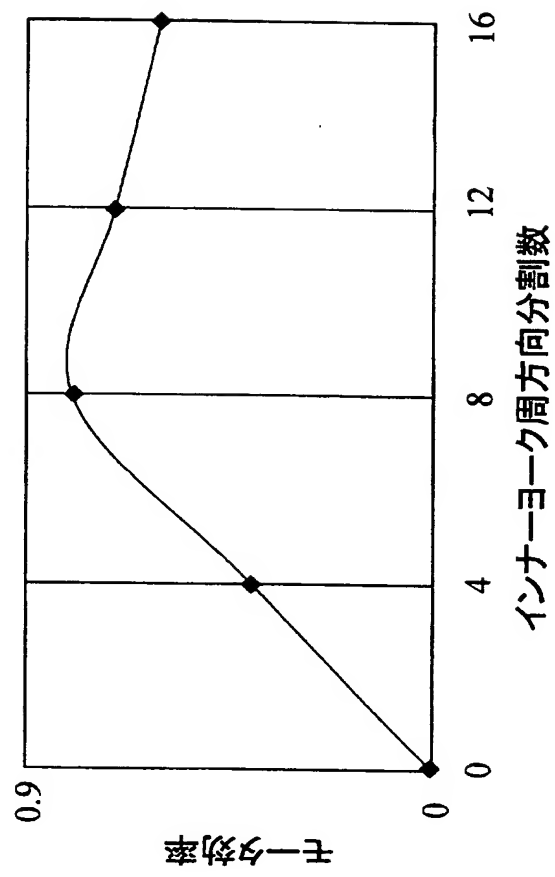
[図2B]



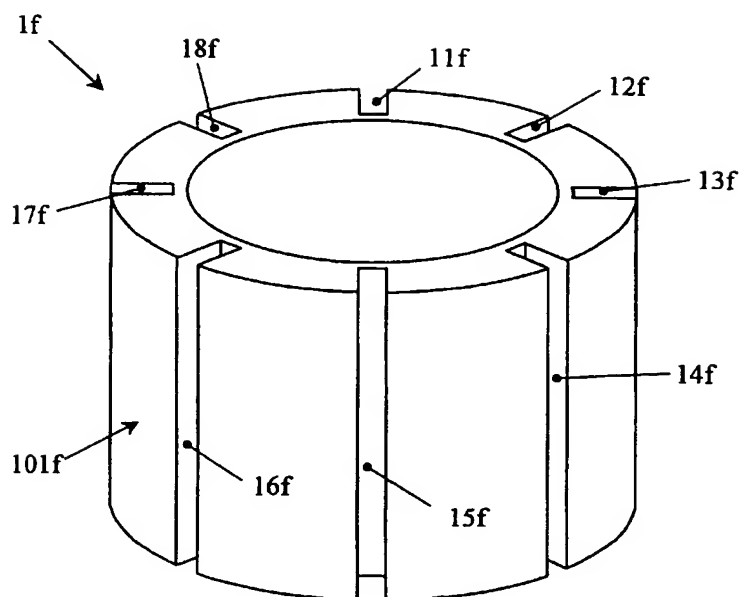
[図3]



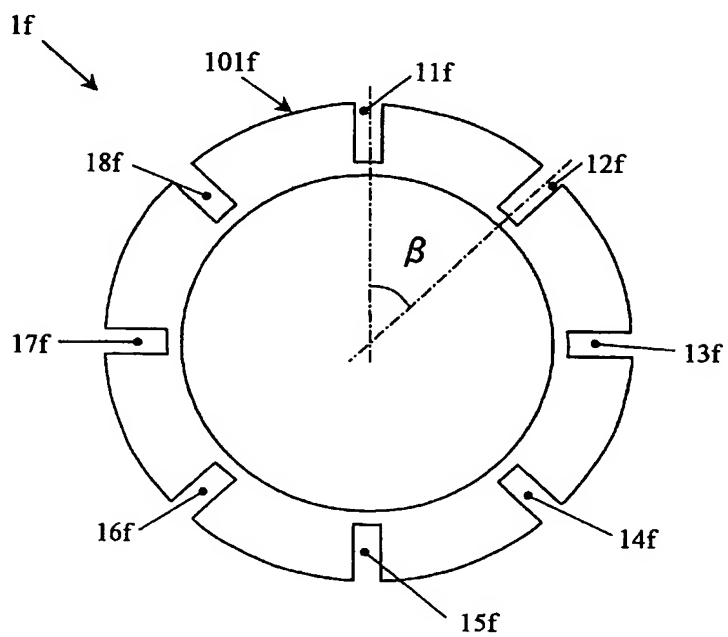
[図4]



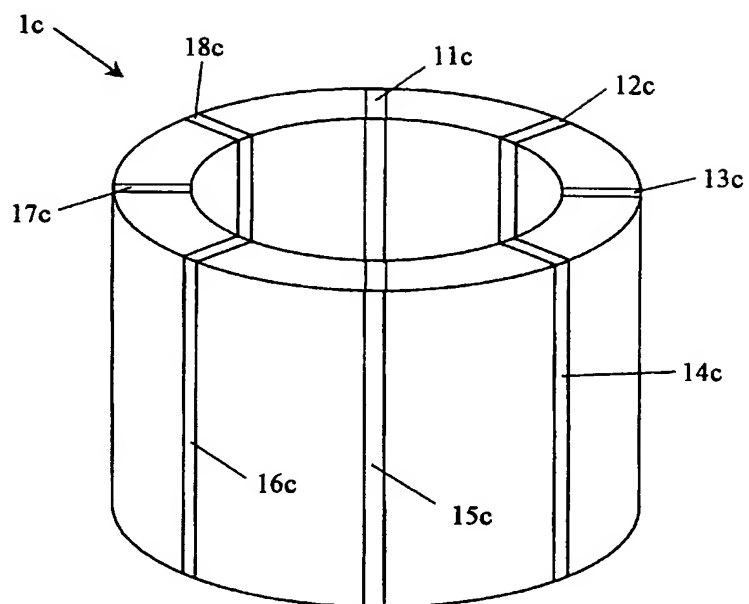
[図5A]



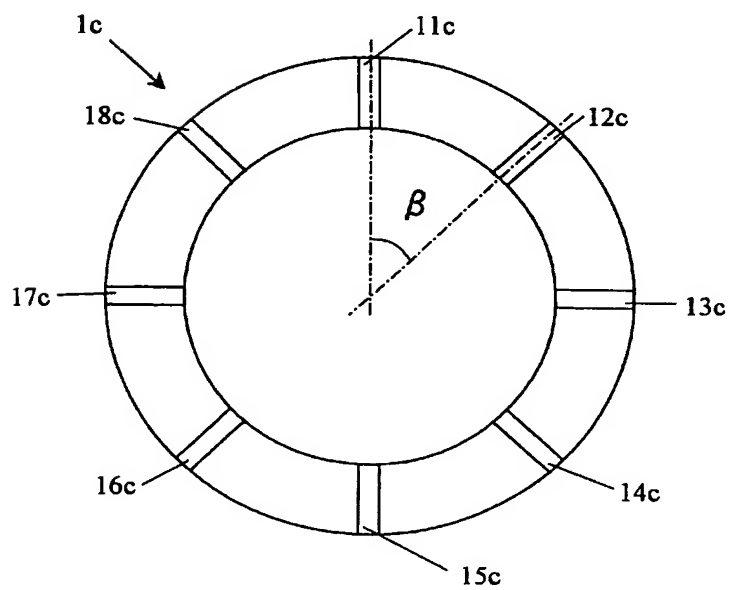
[図5B]



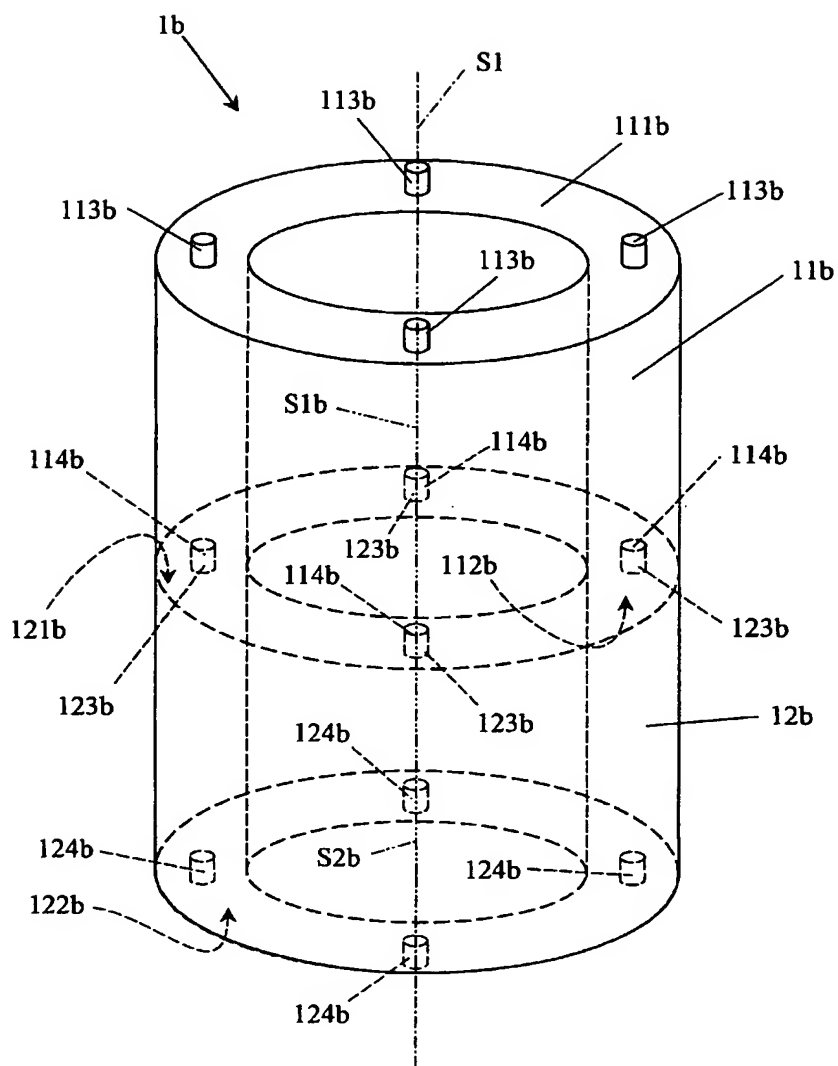
[図6A]



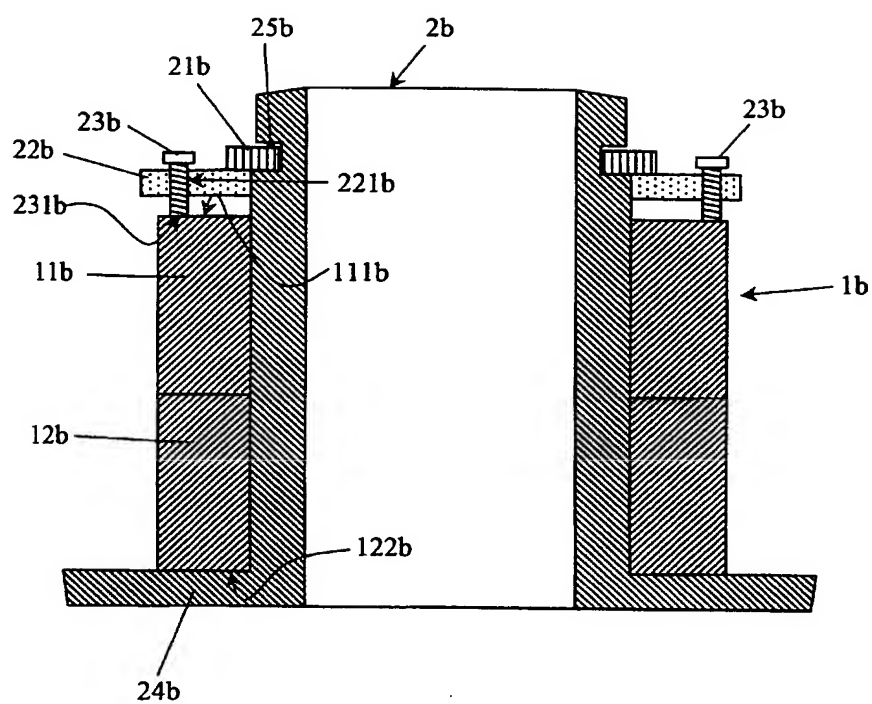
[図6B]



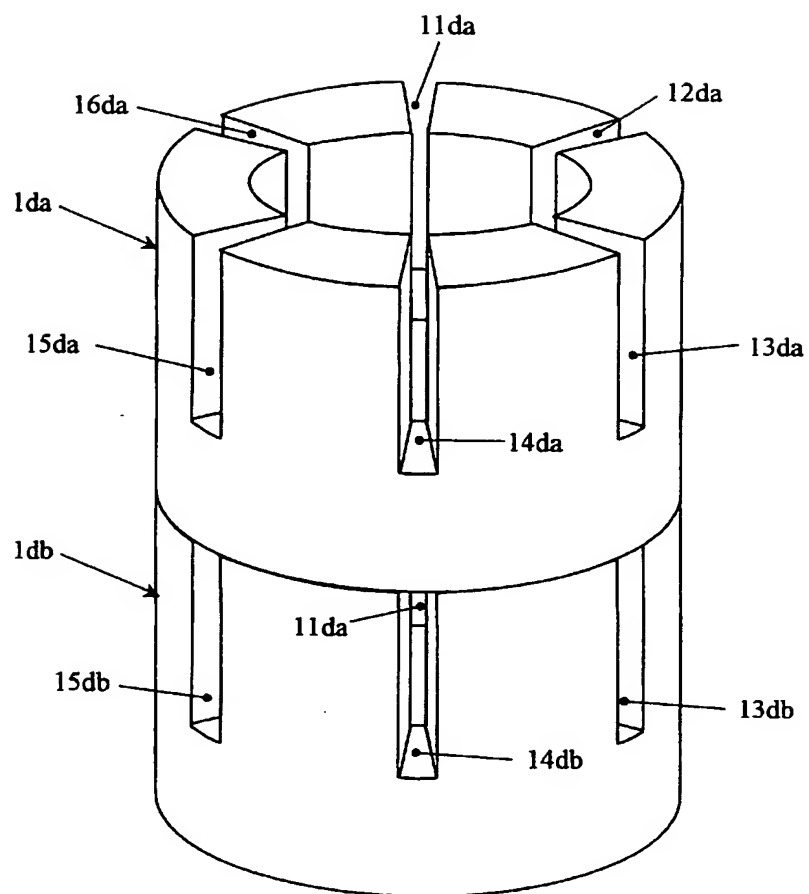
[図7]



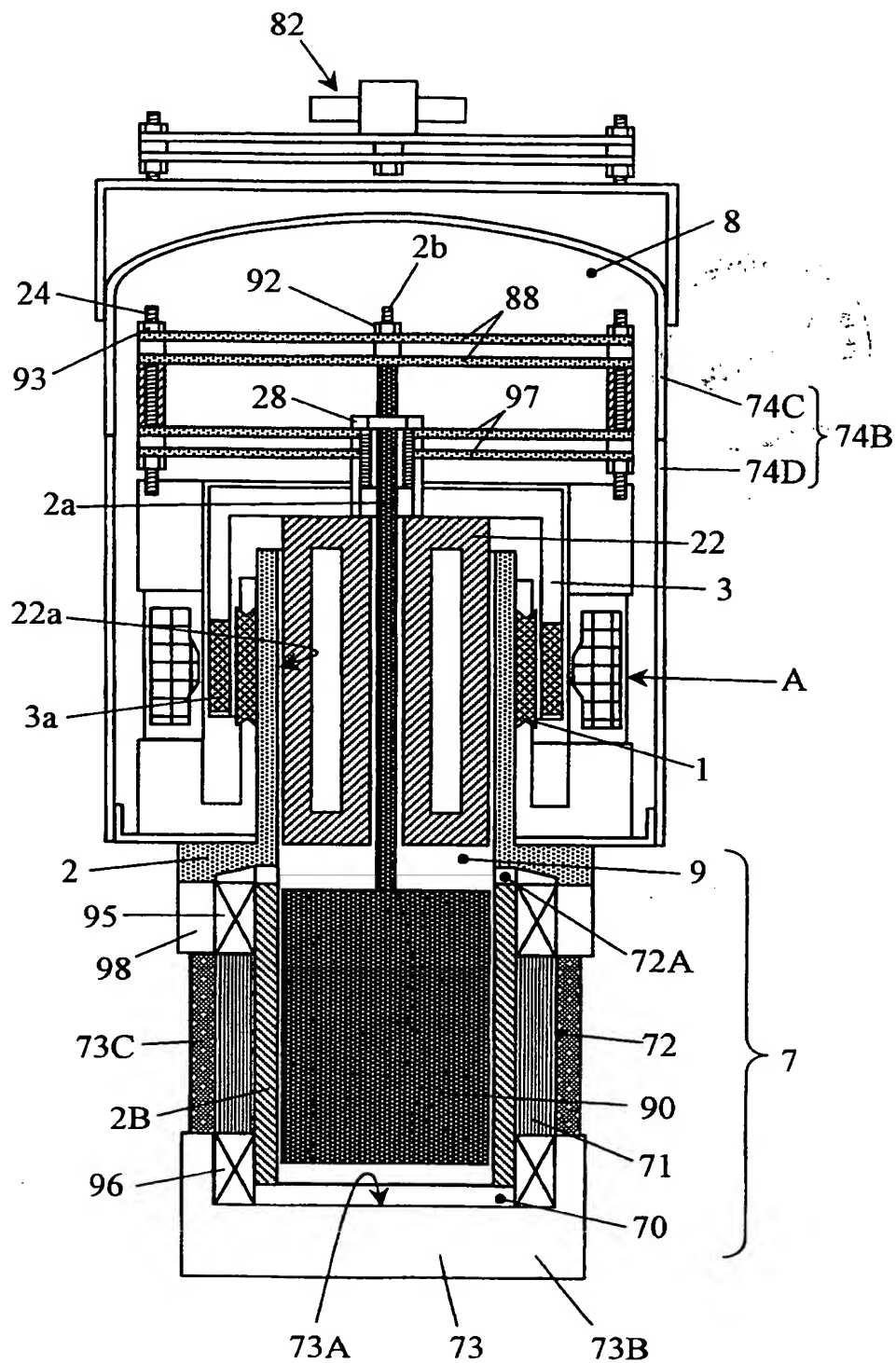
[图8]



[図9]



[図10]



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.